

LIFE CYCLE COSTING DAN EKSTERNALITAS BIODIESEL DARI MINYAK SAWIT DAN MINYAK ALGA DI INDONESIA

(Life Cycle Costing and Externities of Palm and Algal Biodiesel in Indonesia)

Arif Dwi Santoso^{1,2,*} dan Sudaryono¹

¹Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Puspiptek Area, Gd 820Tangerang Selatan, 15314

²PS Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Indonesia,
Jl. Salemba Raya 4 Jakarta 10430

*Penulis korespondensi. Telp. 021-75791381 Fax. 021-75791403. Email: arif.dwi@bppt.go.id

Diterima: 18 April 2014

Disetujui: 1 Juli 2014

Abstrak

Biaya produksi biodiesel menjadi salah satu hambatan program konversi bahan bakar minyak ke biodiesel negara-negara termasuk Indonesia dalam upaya mengantisipasi terjadinya krisis energi. Salah satu penyebab biaya produksi yang tinggi adalah karena variabel biaya produksi yang diperbandingkan selama ini belum sepenuhnya mencerminkan keseluruhan potensi yang terkandung dalam biodiesel. Potensi biodiesel yang tergolong ke dalam komoditas lingkungan seperti sifat terbarukan, rendah dalam penggunaan lahan, dan ramah lingkungan perlu dimasukkan dalam perhitungan agar mendapatkan perbandingan perhitungan yang obyektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan komoditas lingkungan pada stuktur biaya produksi biodiesel dari minyak sawit dan minyak alga. Nilai komoditas lingkungan diperkirakan dengan metode *benefit transfer* dan untuk memperlihatkan nilai keuntungan digunakan pendekatan *willing to pay* (WTP). Nilai-nilai komoditas lingkungan diacu dari hasil perhitungan perangkat lunak Environmental Priority Strategy (EPS) versi 2000. Untuk kasus Indonesia, nilai komoditas lingkungan EPS diinferensi dengan elastisitas berdasarkan dari perbandingan nilai pendapatan per kapita negara Swedia dan Indonesia. Hasil penelitian menyatakan bahwa analisis *life cycle costing* (LCC) yang diaplikasikan dengan menambahkan variabel eksternalitas dapat memberikan informasi yang detil tentang komposisi biaya produksi biodiesel dan dapat digunakan sebagai metode untuk mendapatkan gambaran total biaya produksi yang paling kompetitif dari beberapa sumber. Analisis juga menyimpulkan bahwa variabel eksternalitas turut mempengaruhi kenaikan total biaya produksi biodiesel hingga 14%. Hasil analisis profitabilitas menyatakan bahwa pasokan biomassa alga untuk produksi biodiesel lebih terjangkau dan berkelanjutan dibandingkan biomassa sawit karena kendala teknis dan non teknis pada produksi biomassa alga lebih mudah diatasi selain itu juga keunggulan perannya dalam mitigasi GRK yang turut memperbesar peluang sebagai bahan utama biodiesel di masa depan.

Kata Kunci: life cycle costing, eksternalitas, biodiesel, minyak sawit, alga, bahan bakar, bahan bakar terbarukan

Abstract

The high cost of biodiesel production was to be an obstacle conversion to biodiesel fuel including Indonesia due to anticipate the energy crisis. The high cost of production due to the variable cost of production has not fully comparable reflect the overall potential contained in biodiesel. Potential biodiesel belonging to the commodity nature of the environment such as renewable biomass, low in land use, and environmentally friendly should be included in the calculation in order to obtain an objective comparison of the calculations. This study aimed to evaluate the effect of adding commodities to the structure of the production cost of biodiesel between palm oil and algal oil. Estimated value of the commodity by the method of benefit transfer method shows the value used is the approach gains willingness to pay (WTP). Environmental commodity values referenced from the calculation software Environmental Priority Strategy (EPS) version 2000. For the case of Indonesia, the commodity value of the elasticity was inferred EPS basis of comparison of income per capita of Sweden and Indonesia. The results stated that the analysis of life cycle costing (LCC) applied by adding variable externalities can provide detailed information about the composition of biodiesel production costs and can be used as a method to get a total picture of the most competitive production costs from several sources. The analysis also concluded that the externality variables also affect the total cost of biodiesel production by up to 14%. Profitability analysis stated that the algal biomass for biodiesel production more secure and sustainable than palm biomass due to technical and non-technical constraints on the production of algal biomass more easier to treat but it also advantages role in GHG mitigation that helped widen the opportunities as the main ingredient of biodiesel in the future .

Keywords: life cycle costing, externality, biodiesel, palm oil, algae, fuel, renewable fuel

PENDAHULUAN

Indonesia di masa mendatang diprediksi akan mengalami krisis energi nasional. Data *World Bank*

tahun 2002 menyatakan bahwa dalam kurun waktu 20 tahun antara 1980-2000, hampir 90% energi yang digunakan untuk pembangunan di Indonesia

berasal dari 3 sumber energi fosil utama yaitu batu bara, minyak bumi, dan gas alam, sementara energi non-fosil (tenaga bayu, panas bumi dan matahari) serta energi dari bahan bakar nabati tidak mengalami perkembangan yang signifikan. Salah satu upaya mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil adalah dengan mencari alternatif sumber energi yang terbarukan seperti biodiesel dari minyak sawit, jagung, jarak dan tanaman pangan lainnya (Halim dkk., 2011).

Dalam rangka untuk mengurangi ketergantungan yang tinggi pada BBM tersebut, pemerintah Indonesia melakukan program konversi BBM ke bahan bakar gas (LPG-*liquor petrol gas*). Pada upaya yang sama, pemerintah juga telah mempromosikan upaya diversifikasi energi non BBM dengan menetapkan Peraturan Presiden No. 5/ 2006. Peppres tersebut menargetkan penggunaan energi terbarukan yang di dalamnya terkandung sumber energi alternatif berupa bahan bakar berbahan nabati (BBN) seperti bioetanol, biodiesel sebanyak 5% pada tahun 2025. BBN biodiesel biasanya diproduksi dari bahan minyak kelapa sawit (*crude palm oil_CPO*), sedangkan bioetanol berasal dari bahan molase, jagung, singkong dan umbi-umbian. Asosiasi produsen biofuel Indonesia (APROBI) menyatakan bahwa total produksi tahunan biodiesel dan bioetanol Indonesia meningkat pesat dari 0,65 juta liter dan 0,194 juta liter pada tahun 2011 menjadi 0,7 juta liter dan 0,2 juta liter. Namun peningkatan produksi BBN ini masih jauh dari skema Perpres yang menargetkan pemakaian tahunan BBN biodiesel dan bioetanol pada periode tahun 2011-2015 sebesar 4,52 juta liter dan 2,78 juta liter (Anonim, 2012).

Berbagai upaya untuk memopulerkan dan memasarkan biosolar (biodiesel), yakni mencampur CPO dengan solar menjadi bahan bakar kendaraan, tetapi jumlahnya masih sangat terbatas. Bila campuran CPO dalam solar diperbanyak, dikhawatirkan akan mempengaruhi persediaan CPO bagi minyak goreng/bahan makanan lain. Kendala lain yang masih belum tertangani adalah struktur biaya produksi yang tergantung dengan skala produksi, struktur pasar yang belum terkonsolidasi, keterbatasan dalam infrastruktur baik untuk mengolah, maupun untuk mendistribusikan dan mengangkut biomasa, keterbatasan cara bercocok tanam, ketersediaan air, benih dan pupuk, konservasi biodiversitas serta masih terbatasnya jejaring dalam logistik dan distribusi.

Selain kendala teknis tersebut, upaya konversi bahan bakar nabati ternyata melahirkan perdebatan di kalangan peneliti dan pemerhati lingkungan karena kontribusi produksi biodiesel ini justru

menambah emisi gas rumah kaca akibat dari perubahan penggunaan lahan (Demirbas dan Demirbas, 2011; Halim dkk., 2011), mengancam pasokan pangan, dan meningkatkan kerusakan hutan dan keanekaragaman hayati (Khoo dkk., 2009).

Biomasa dari alga mendapat prioritas utama dalam menjadi kandidat sebagai salah satu bahan biodiesel. Keunggulan dari biomasa alga adalah merupakan bahan sumber energi yang dapat diperbarui (Jorquera, 2010) yang mempunyai kemampuan terhadap pengurangan emisi gas CO₂. Alga memanfaatkan sinar matahari untuk merubah CO₂ menjadi karbohidrat, lemak dan protein dengan produktivitas yang jauh lebih efisien dibanding dengan tanaman darat (Scott dkk., 2010). Alga memiliki double time (kelipatan dua) pertumbuhan sekitar 3,5 jam, memerlukan lebih sedikit air dalam pertumbuhannya dan mampu menghasilkan bahan baku biofuel 15-300 kali lebih cepat dibanding dengan tanaman darat (Chisti, 2007).

Produktivitas alga yang tinggi untuk menjadi sumber bahan biofuel yang ekonomis dan ramah lingkungan telah menarik perhatian kalangan pebisnis dan peneliti. Penelitian dalam skala laboratorium dan skala pilot project tentang pemanfaatan alga sebagai bahan baku biofuel telah banyak dilakukan. Penanganan proses mulai dari pemurnian dan pemilihan galur, operasional produksi biomasa, pemanenan telah dikuasai dengan baik, namun penerapannya untuk menjadi suatu kegiatan bisnis yang menggiurkan masih memerlukan tahapan lanjutan yang lebih lama. Refinery biofuel dari biomasa alga masih diperdebatkan kelayakan dalam manfaat ekonomi dan ekologi.

Dalam paper ini, penulis berusaha untuk mengevaluasi komposisi biaya produksi biodiesel dari biomasa sawit dan alga, perbandingan antara total biaya produksi alami dengan total biaya produksi setelah diperhitungkan komponen komoditi lingkungannya. Selain itu juga dibahas langkah-langkah untuk mengoptimalkan biodiesel sebagai sumber energi alternatif yang kompetitif di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Life cycle costing (LCC)

Analisis *life cycle costing* adalah salah satu metode analisis ekonomi untuk menentukan seluruh biaya produksi yang dikeluarkan oleh suatu proses produksi barang mulai dari proses pemilihan/penyediaan bahan baku, instalasi peralatan produksi, kegiatan operasional,

pemeliharaan alat hingga pemanfaatan akhir produk tersebut (Lora DKK., 2010). Dalam penelitian ini, seluruh biaya proses produksi biodiesel minyak sawit dan minyak alga dibedakan menjadi 3 tahapan yaitu produksi tandan buah segar (TBS) atau biomasa mikroalga, produksi crude palm oil (CPO)/minyak alga dan produksi biodiesel. Seluruh data pada setiap tahapan diinventarisasi berdasarkan bahan baku yang digunakan, energi yang dipakai dan energi yang dihasilkan. Untuk memenuhi tingkat kesahihan data secara ekonomi, maka data produksi biodiesel minyak sawit diambil dari 4 perkebunan sawit yang luasnya di atas 10.000 ha dengan masa produktif selama 15-25 tahun, sedangkan data produksi biodiesel minyak alga diambil dari 4 kegiatan produksi biodiesel alga dengan kapasitas produksi sekitar 40 ton/ha/tahun. Perbandingan komponen biaya antara biodiesel dari minyak sawit dan minyak alga didasarkan pada harga resmi biodiesel yang berlaku di pasaran Indonesia.

Perhitungan Eksternalitas

Penggunaan biodiesel dari bahan biomasa seperti minyak sawit dan minyak alga diyakini ikut mendukung upaya mitigasi emisi gas rumah kaca karena pembakaran biodiesel lebih sedikit mengeluarkan emisi CO₂ dibanding bahan bakar fosil. Namun demikian pembakaran dari biodiesel tersebut juga menimbulkan dampak lingkungan lainnya seperti mengurangi keanekaragaman hayati dan meningkatkan emisi gas rumah kaca akibat penggunaan lahan untuk tanaman sawit atau alga. Selain itu, keseimbangan gas rumah kaca bersih dapat juga bernilai negatif karena proses kegiatan produksi biodiesel mungkin memerlukan lebih banyak energi daripada bahan bakar fosil. Oleh karena itu, dalam rangka untuk menentukan total biaya lingkungan akibat beban lingkungan yang terjadi akibat produksi biodiesel seperti penggunaan lahan, biaya sosial, konsumsi bahan bakar fosil, emisi polutan udara yaitu CO₂, CH₄, N₂O, CO, NO_x, SO₂, VOC dan PM10, pada biodiesel minyak sawit dan minyak alga akan diperhitungkan.

Teknik penilaian lahan yang digunakan sebagai lahan budidaya sawit dan wadah budidaya alga diperhitungkan berdasarkan pendekatan harga pasar (Suparmoko, 2009). Formulasi yang digunakan untuk memperhitungkan nilai ekonomi lahan (Cahyono dkk., 2009) adalah:

$$V_p = \sum (P_{pi} \cdot h_{pi}) \quad (1)$$

Keterangan:

V_p = nilai ekonomi lahan (Rp/ha/tahun)

P_{pi} = produktivitas lahan pertanian jenis tanaman i (ton/ha/tahun)

H_{pi} = harga produk pangan jenis tanaman i (Rp/ton)

Biaya sosial adalah biaya yang dikeluarkan karena permasalahan sosial seperti konflik akibat pemanfaatan lahan untuk perkebunan, relokasi penduduk atau permasalahan konflik sosial akibat operasional produksi biodiesel. Penentuan biaya sosial dilakukan dengan memperkirakan nilainya sebesar 2-3% dari seluruh biaya investasi (Manurung, 2001).

Konsumsi bahan bakar fosil adalah banyaknya bahan bakar fosil (bensin/solar/batu-bara) yang digunakan pada keseluruhan tahap produksi biodiesel dengan satuan metrik joule (MJ). Untuk memudahkan perhitungan energi konsumsi, setiap liter biodiesel yang dihasilkan diasumsikan memiliki energi sebanyak 44,2 MJ (Khoo dkk., 2011).

Emisi polutan udara dinilai dan didekati dengan metode *benefit transfer*. Metode ini biasa digunakan untuk menilai komoditas lingkungan yang tidak dinilai dalam pasar (*intangible commodity*) dengan cara mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan penilaian komoditas lingkungan pada satu tempat dan waktu yang sama. Hasil penilaian komoditas lingkungan tersebut kemudian dapat digunakan untuk membuat inferensi data nilai-nilai ekonomi komoditas lingkungan di tempat atau waktu yang lain. Selanjutnya untuk memperlihatkan nilai keuntungan dari metode *benefit transfer*, pendekatan yang umum digunakan adalah pendekatan *willing to pay* (WTP) (Wilson dan Hoehn, 2006).

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan nilai-nilai ekonomi komoditas lingkungan dari hasil perhitungan perangkat lunak Environmental Priority Strategy (EPS) versi 2000. Nilai komoditas lingkungan EPS diinferensi dengan elastisitas kemampuan membayar dari negara/lokasi yang mengaplikasikannya (Nguyen dan Gheewala, 2008; Conner, 2001). Dengan demikian penyesuaian nilai komoditas lingkungan dari EPS ke nilai komoditas lingkungan Indonesia berdasarkan dari perbandingan nilai pendapatan per kapita negara Swedia dan Indonesia.

Tabel 1 menyajikan biaya komoditas lingkungan dari pembakaran biodiesel untuk Indonesia yang dihitung dari nilai WTP (untuk negara-negara Eropa). WTP untuk Indonesia (WTP_{Ina}) dihitung dengan membandingkan dengan nilai WTP Uni Eropa (WTP_{EU}) dengan menggunakan nilai pendapatan domestik perkapita (GDP):

$$WTP_{Ina} = \frac{WTP_{EU} \times GDP_{Ina}}{GDP_{EU}} \quad (2)$$

Tabel 1. Nilai komoditas lingkungan dari pembakaran setiap unit liter biodiesel Indonesia

Kategori komoditas lingkungan	Satuan unit	Rp per unit* Biodiesel t
Penggunaan lahan	ha.tahun	61.704
Konflik sosial	Rp.tahun	125
Polusi udara		
CO ₂	Kg CO ₂	434
CH ₄	Kg CH ₄	10.744
N ₂ O	Kg N ₂ O	151.298
CO	Kg CO	1.302
NO _x	Kg NO _x	8.414
SO ₂	Kg SO ₂	12.918
VOC	Kg VOC	8.455
PM ₁₀	Kg PM ₁₀	142.450

*berdasarkan nilai tukar rupiah sebesar 9.200 IDR per EUR (www.xrates.com)

Dimana GDP_{Ina} adalah US\$ 3.716 (UNDP, 2011) dan GDP_{EU} adalah US\$ 32.700 (Silalertruksa dkk., 2012). Nilai WTP_{Ina} diasumsikan dari nilai WTP_{EU} yang dikalikan rasio antara GDP_{Ina} dan GDP_{EU}.

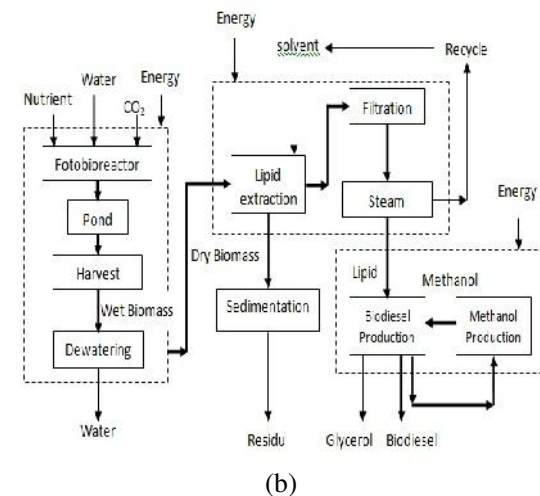
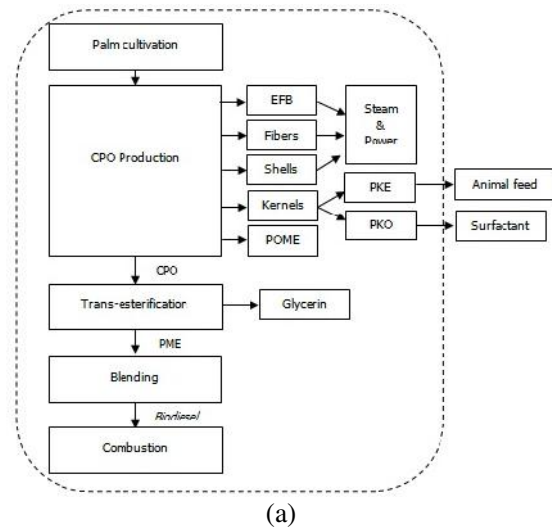
Produksi Biodiesel

Produksi biodiesel dari minyak sawit

Proses produksi biodiesel dari minyak sawit terdiri dari beberapa tahap yaitu tahap budidaya tanaman sawit, tahap produksi CPO dan tahap produksi biodiesel. Keseluruhan dari sistem produksi biodiesel dari minyak sawit dijelaskan secara detail dan direpresentasikan dalam Gambar 1(a).

Pada tahap budidaya kelapa sawit terdiri atas kegiatan penumbuhan dan pembesaran tanaman sawit di kebun sawit. Material dan energi yang diperlukan pada tahap ini berupa lahan perkebunan, pupuk, obat-obatan herbisida/pestisida, air dan benih sawit. Sedangkan output yang dihasilkan adalah buah tandan segar (*fresh fruit bunches*, FFB) dan emisi yang berasal dari penggunaan pupuk, obat-obatan dan mesin pertanian yang digunakan. Pada tahap proses produksi minyak sawit terdiri atas beberapa proses antara lain: pemanenan FFB, pemasakan dan sterilisasi FFB, pemisahan *empty fruit bunches* (EFB), ekstraksi minyak mentah, pemisahan *decanter cake*, pemisahan serat (*fibres*), ekstraksi kernel dan *palm kernel extract* (PKE)

Tahap budidaya biodiesel dimulai dengan ditransesterifikasinya minyak sawit dengan bantuan katalis sodium hidroksida (NaOH) dan methanol. Input proses yang dibutuhkan adalah CPO, air, energi listrik dan katalis, sedangkan output yang dihasilkan adalah methyl ester palmitat (biodiesel), gliserol dan limbah cair.



Gambar 1. Skema produksi biodiesel dari (a) sawit dan (b) alga

Produksi biodiesel dari minyak alga

Proses produksi biodiesel dari minyak alga juga terdiri 3 tahap yaitu tahap budidaya mikroalga dalam kolam kultur atau fotobioreaktor, tahap produksi minyak alga dan tahap produksi biodiesel. Keseluruhan dari sistem produksi biodiesel dari minyak alga direpresentasikan dalam Gambar 1(b).

Pada tahap budidaya, proses kegiatan yang penting adalah proses budidaya alga dalam kolam atau fotobioreaktor dan proses pemanenan. Pada kegiatan budidaya, diperlukan keahlian dalam hal mengontrol pemberian nutrisi bagi alga dan menjaga kondisi media agar selalu dalam konsentrasi yang ideal bagi pertumbuhan alga. Sementara pada tahap pemanenan masih terus dikaji alternatif operasional yang optimal karena pada tahap ini banyak menyerap energi.

Proses tahap produksi lipid alga dan biodiesel hampir sama dengan tahap proses produksi CPO dan biodiesel pada minyak sawit. Hal penting yang membedakannya adalah adanya proses

sonikasi yakni proses pemecahan dinding alga yang banyak menyerap energi dan larutan katalis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan *Life Cycle Costing (LCC)*

Biaya yang timbul dalam produksi *biodiesel* minyak sawit dan minyak alga berdasar sistem produksi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1(a) dirinci dalam Tabel 2. Dari perbandingan komposisi biaya produksi *biodiesel* dari biomasa kelapa sawit dan mikroalga (Tabel 2) dapat ditarik beberapa hal penting antara lain, komponen biaya terbesar produksi terletak pada biaya produksi biomasa (CPO/minyak alga) yang mencapai 51,23% pada kelapa sawit dan 62,3% pada mikroalga. Informasi ini memberi perhatian kepada pemerhati biofuel, bahwa untuk menyelarakan harga *biodiesel* agar lebih ekonomis maka harus menekan pada biaya produksi biomasa alga atau tandan buah segar (TBS) kelapa sawit ini. Penghematan biaya produksi biomasa tersebut dengan cara mengefisienkan proses persiapan

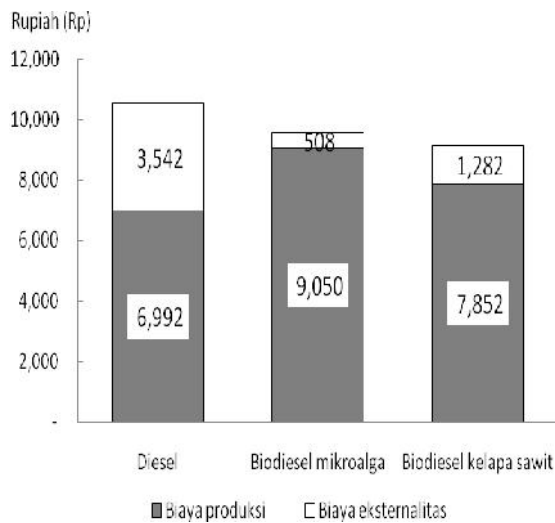
lahan, dan operasional budidaya sawit dan proses pemanenan dan penghematan energi listrik dalam proses budidaya alga..

Pengaruh Biaya Eksternalitas

Biaya eksternalitas produksi *biodiesel* dari mikroalga lebih kecil yakni sekitar 5% dibanding kelapa sawit yang sekitar 14%. Informasi ini dapat menjadi pertimbangan bagi pihak-pihak penentu kebijakan energi di Indonesia. Bila CPO dipilih menjadi bahan *biodiesel*, maka konsekuensinya adalah setiap liter yang diproduksi membebani lingkungan berupa pencemaran sebesar 14%. Pada produksi *biodiesel* dari mikroalga banyak digunakan bahan kimia, yakni metanol untuk proses esterifikasi-trans esterifikasi, bahan kimia untuk sterilisasi dan beberapa pupuk an-organik. Penggunaan bahan kimia ini perlu diwaspadai karena berpotensi mencemari lingkungan, sehingga diperlukan upaya untuk menetralkan bahan-bahan tersebut sebelum dibuang ke lingkungan atau digunakan lagi dalam siklus produksi.

Tabel 2. Komposisi biaya produksi dan biaya eksternalitas pada produksi *biodiesel* dari biomasa mikroalga dan kelapa sawit

Proses/bahan	Mikroalga		Kelapa sawit	
	Rp	Total Rp	Rp	Total
Budidaya		5.955 (62,30%)		4.680 (51,23%)
a. Persiapan lahan	1.367		3.032	
b. Pupuk	778		330	
c. Bahan lain	27		353	
d. panen	3.783		974	
Produksi minyak alga		1.683 (17,61%)		1.445 (15,82%)
a. Metanol	851		667	
b. Bahan lain	163		330	
c. Energi listrik	453		236	
d. Energi panas	217		212	
Produksi <i>biodiesel</i>		1.095 (11,46%)		997 (10,92%)
a. Metanol	480		393	
b. Bahan lain	63		188	
c. Energi listrik	416		283	
d. Energi panas	136		133	
Lain-lain		317 (3,31%)		730 (7,99%)
a. Pajak dan lain-lain	190		393	
b. Tenaga kerja	127		338	
Eksternalitas		508 (5,31%)		1.282 (14,04%)
a. Nilai lahan	309		961	
b. Biaya lingkungan	197		196	
c. Biaya sosial	2		125	



Gambar 2. Perbandingan biaya produksi dan biaya eksternalitas diesel, biodiesel sawit dan biodiesel alga

Gambar 2 memperlihatkan perbandingan total biaya produksi dan biaya eksternalitas per liter produksi diesel, biodiesel alga dan biodiesel sawit. Bila biaya produksi bahan bakar dihitung tanpa memperhitungkan biaya eksternalitas, maka produksi dari diesel, biodiesel alga dan biodiesel sawit berkisar Rp. 6.992; Rp. 9.050 dan Rp. 7.852. Dari ke-3 harga produksi tersebut, harga biodiesel alga tidak kompetitif karena biaya produksinya berada di atas harga pasaran diesel yaitu Rp. 8.500,-

Dengan hanya mengikuti harga pasar dan dalam kondisi pasokan bahan bakar diesel selalu tersedia, maka peluang biodiesel baik dari sawit maupun alga untuk menjadi substitusi bahan bakar fosil menjadi kecil.

Di masa depan, biaya eksternalitas yang terdiri atas biaya penggunaan lahan, biaya lingkungan dan sosial menjadi keharusan untuk dimasukkan ke dalam struktur biaya produksi barang/jasa. Penambahan biaya eksternalitas ini akan mempengaruhi total biaya produksi suatu barang/jasa. Pada produksi diesel, dengan memperhitungkan biaya eksternalitas maka biaya produksi 1 liter diesel menjadi Rp.10.534 atau naik sekitar 33,6%, sedangkan untuk biaya produksi biodiesel sawit dan alga masing masing naik menjadi Rp.9.134 (14%) dan Rp. 9.558 (5%).

Dari analisis data antara biodiesel alga dan biodiesel sawit, menyatakan bahwa setiap produksi biodiesel alga menyebabkan beban lingkungan sebesar 5% sedangkan dari biodiesel sawit membebani lingkungan sebesar 14%. Yang dimaksud beban lingkungan di sini adalah

meniadakan biaya perbaikan lingkungan yang seharusnya dibayar oleh produsen/konsumen karena biaya tersebut tidak diperhitungkan di pasaran. Beban lingkungan yang ditanggung akan semakin besar seiring dengan peningkatan produksi dan konsumsi biodiesel. Bila konsumsi biodiesel Indonesia yang berasal dari sawit rata-rata per tahun mencapai 600.000 kilo liter per per tahun (Hutapea, 2012), maka beban lingkungannya diperkirakan sekitar 2,1 trilyun per tahun. Perbandingan persentase biaya eksternalitas dari biomasa alga yang sekitar 5% lebih kecil dari sawit akan menjadi pertimbangan utama untuk menentukan prioritas pemilihan sumber biomasa.

Pembahasan Umum

Berdasarkan pada hasil analisis LCC menyatakan bahwa tingginya biaya produksi biodiesel ini disebabkan karena tingginya biaya produksi CPO/minyak alga. Harga CPO dan minyak alga mendominasi biaya produksi sekitar 51,2% dan 62,3%, sementara biaya lain yang tinggi adalah pelarut metanol sekitar 12%. Pelarut methanol biasanya digunakan dalam proses ekstraksi untuk mengambil minyak kemudian untuk memisahkan campuran minyak methanol dilakukan dengan menambahkan campuran air dan heksan. Informasi tingginya biaya penggunaan pelarut tersebut menjadi tantangan peneliti untuk mencari alternatif teknologi yang lebih efisien dan ekonomis.

Internalisasi biaya eksternalitas pada produksi biodiesel merubah total biaya produksi biodiesel dari alga dan sawit. Penambahan biaya eksternalitas pada biaya produksi biodiesel menyebabkan kenaikan biaya produksi biodiesel sawit dan biodiesel alga masing masing sebesar 14% dan 5%. Total biaya produksi biodiesel dengan menambahkan biaya eksternalitas menyebabkan harga biodiesel tidak kompetitif bila dibandingkan dengan harga BBM, sehingga untuk mendorong program konversi BBM ke biodiesel tidak hanya diperlukan subsidi tapi juga harus diterapkan strategi dengan mengangkat fungsi pentingnya eksternalitas. Sebagai ilustrasi, bila konsumsi biodiesel Indonesia yang berasal dari sawit rata-rata per tahun mencapai 600.000 kilo liter per tahun, maka beban lingkungan yang harus ditanggung oleh masyarakat diperkirakan sekitar 2,1 trilyun per tahun.

Ditinjau dari keberlanjutan pasokan biomasa untuk produksi biodiesel, maka biomasa alga lebih potensial dibanding biomasa sawit. Biomasa sawit selain terkendala dalam hal peningkatan produktivitas CPO (lahan, konflik sosial, konversi

FFB ke CPO) juga terkendala adanya kompetitor pengguna CPO untuk bahan pangan (Khoo dkk., 2009). Di sisi lain, produksi biomasa alga memiliki potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut. Produksi biomasa alga tidak terbebani oleh penggunaan lahan dan adanya konflik sosial. Nilai konversi biomasa alga ke minyak alga masih sangat mungkin untuk ditingkatkan dengan perlakuan pembatasan nutrisi tertentu dan modifikasi penetrasi cahaya ke media budidaya (Scott dkk., 2010). Keunggulan lain dari biomasa alga adalah peranannya yang besar dalam mitigasi GRK, dimana media budidaya alga lebih banyak menyerap emisi gas GRK di banding tanaman sawit (Khoo dkk., 2009).

Dalam rangka untuk mendorong program konversi BBM ke biodiesel, beberapa upaya yang perlu dilakukan pemerintah Indonesia antara lain dengan meningkatkan harga biomasa lebih kompetitif dengan cara menekan biaya produksi biomasa dan memanfaatkan produk samping yang dihasilkan. Pada produksi 1 ton biodiesel alga biasanya menghasilkan limbah berupa serat 3,12 ton dan hasil samping berupa gliserol sekitar 240 kg. Bila harga serat biomasa alga sebesar Rp. 500/kg dan harga gliserol sebesar 1,28 US\$/kg (Pachauri, 2006), maka pemanfaatan limbah dan produk samping tersebut akan menghemat biaya produksi sebesar Rp. 2.856/kg biodiesel. Pemanfaatan juga dapat dilakukan dengan pemanfaatan limbah seperti limbah air media budidaya dan limbah bahan kimia dengan mengolah dana memakainya lagi dalam sistem produksi dimungkinkan akan mengefisienkan biaya produksi biodiesel alga.

KESIMPULAN

Analisis LCC yang diaplikasikan dengan menambahkan variabel eksternalitas dapat memberikan informasi yang detail tentang komposisi biaya produksi biodiesel alga dan perbandingan total biaya yang ideal (*environmental friendly*) bila dibandingkan dengan total biaya produksi biodiesel sawit dan diesel fosil. Biaya produksi biodiesel banyak terserap untuk kegiatan produksi minyak alga dan CPO yang masing-masing mencapai 62,3% dan 51,2% dari keseluruhan biaya produksi biodiesel. Informasi ini memberi pelajaran bagi pengelola usaha biodiesel, bila ingin mengefisienkan biaya produksi harus berkonsentrasi pada tahap produksi CPO/minyak alga. Variabel eksternalitas turut mempengaruhi total biaya produksi biodiesel hingga 15% dengan tiga komponen biaya terbesar meliputi biaya penggunaan lahan, penggunaan BBM dan konflik

sosial. Pasokan biomasa alga untuk produksi biodiesel lebih terjamin dan berkelanjutan dibandingkan biomasa sawit karena kendala teknis dan non teknis pada produksi biomasa alga lebih mudah diatasi selain itu juga keunggulan perannya dalam mitigasi GRK yang turut memperlebar peluang sebagai bahan utama biodiesel di masa depan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kementerian Riset dan Teknologi, atas bantuan pembiayaan beasiswa bagi peneliti untuk melaksanakan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Prof. Dr. Kardono, Prof. Dr. Tresna P. Soemardi dan Dr. Awal Subandar atas bantuan telaah dan masukan demi perbaikan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyono, S.A., Hariyadi, B., Yiliantoro, D. 2009. Nilai Guna Tak Langsung Pengelolaan DAS Grindulu. Prosiding Ekspose Hasil Penelitian dan Pengembangan. Balai Penelitian Kehutanan, Solo.
- Chisti, Y. 2007. Biodiesel from Microalgae. *Biotechnol Adv.*, 25. 294–306.
- Conner, D.O. 2001. *Estimating Ancillary Benefits of Climate Policy Using Economy Wide Models: Theory and Application in Developing Countries*. Paris.
- Demirbas, A., dan Demirbas, M.F. 2011. Importance of Algal Oil As a Source of Biodiesel. *Energy Convers Manage*, 52. 163 – 170.
- Halim, R., Danquah, M.K., dan Webley P.A. 2011. Oil Extraction from Microalgae for Biodiesel Production. *Biores Technol*, 102. 178 – 185.
- Hutapea, M. 2012. Direktur Bioenergi, Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi. <http://www.indonesiainancetoday.com/read/35907/Konsumsi-Biodiesel-Nasional-Diprediksi-Tidak-Capai-Target>. diunduh 24 November 2012 jam 17.00.
- Jorquera O., Kiperstok A., Sales E.A., Embirucu M., dan Ghirardi M.L. 2010. Comparative Energy Life-Cycle Analyses of Microalgal Biomasa Production in Open Ponds and Photobioreactors. *Bioresour Technol*, 101. 1406–1413.
- Anonim, 2012. *Handbook of Energy and economic Statistic of Indonesia*. Center for Data and Information on Energy and Mineral Resources Kementerian Energi Sumberdaya Mineral, Jakarta, p121

- Khoo, H.H., Tan, R.B.H., dan Tan, Z.H. 2009. GHG Intensities from The Life Cycle of Conventional Fuel and Biofuels. *Air Pollution*, 17. 329- 340.
- Lora, E.E.S., Palacio, J.C.E., Rocha, M.H., Renó, M.L.G., Venturini, O.J., dan del Olmo, O.A. 2010. Issues to Consider, Existing Tools and Constraints in Biofuels Sustainability Assessments. *Energy*, 36. 2097-2110.
- Manurung E.G.T. 2001. *Analisis Valuasi Ekonomi Investasi Perkebunan Sawit*. Nature resources management program. 195 hal.
- Nguyen, T.L.T., dan Gheewala, S.H. 2008. Fossil Energy, Environmental and Cost Performance of Ethanol in Thailand. *J. Clean. Prod.*, 16. 1814-1821.
- Nguyen, T.L.T., Gheewala, S.H., dan Bonnet, S. 2008. Life Cycle Cost Analysis of Fuel Ethanol Produced from Cassava in Thailand". *Int. J. Life Cycle Assess*, 13. 564-573.
- Pachauri N. 2006. *Value-Added Utilization of Crude Glycerol from Biodiesel Production: A Survey of Current Research Activities*. An ASABE Meeting Presentation Paper Number: 066223.
- Pradipto . 2012. Konsumsi BBM Meningkat, Subsidi Membengkak. <http://www.antaranews.com/berita/307671/pengamat--konsumsi-bbm-meningkat-subsidi-membengkak> 29 Mei 2013.
- Scott, S.A., Davey, M.P., Dennis, J.S., Horst, I., Howe, C.J., Lea-Smith, D J., dan Smith, A.G. 2010. Biodiesel from Algae: Challenges and Prospects. *Current Opinion in Biotechnology*, 21. 227-286.
- Suparmoko, M. 2009. *Panduan dan Analisis Valuasi Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan; Konsep, Metode Perhitungan dan Aplikasi*, BPFE, Edisi pertama cetakan kedua, Yogyakarta.
- Silalertruksa, T., Bonnet, S., dan Gheewala, S.H. 2012. Life Cycle Costing and Externalities of Palm Oil Biodiesel in Thailand". *J. Cleaner Production*, 28. 225-232
- Anonim. 2011. Pendapatan-per-Kapita-Indonesia, UNDP, <http://bisnis.news.viva.co.id/news/read/261426-pendapatan-per-kapita-indonesia-us-3-716>
- Wilson, A.M., dan Hoehn, J.P. 2006. Valuing Environmental Good and Service Using Benefit Transfer: The State-of-The Art and Science. *Ecol. Econ*, 60. 335-342. www.xrates.com